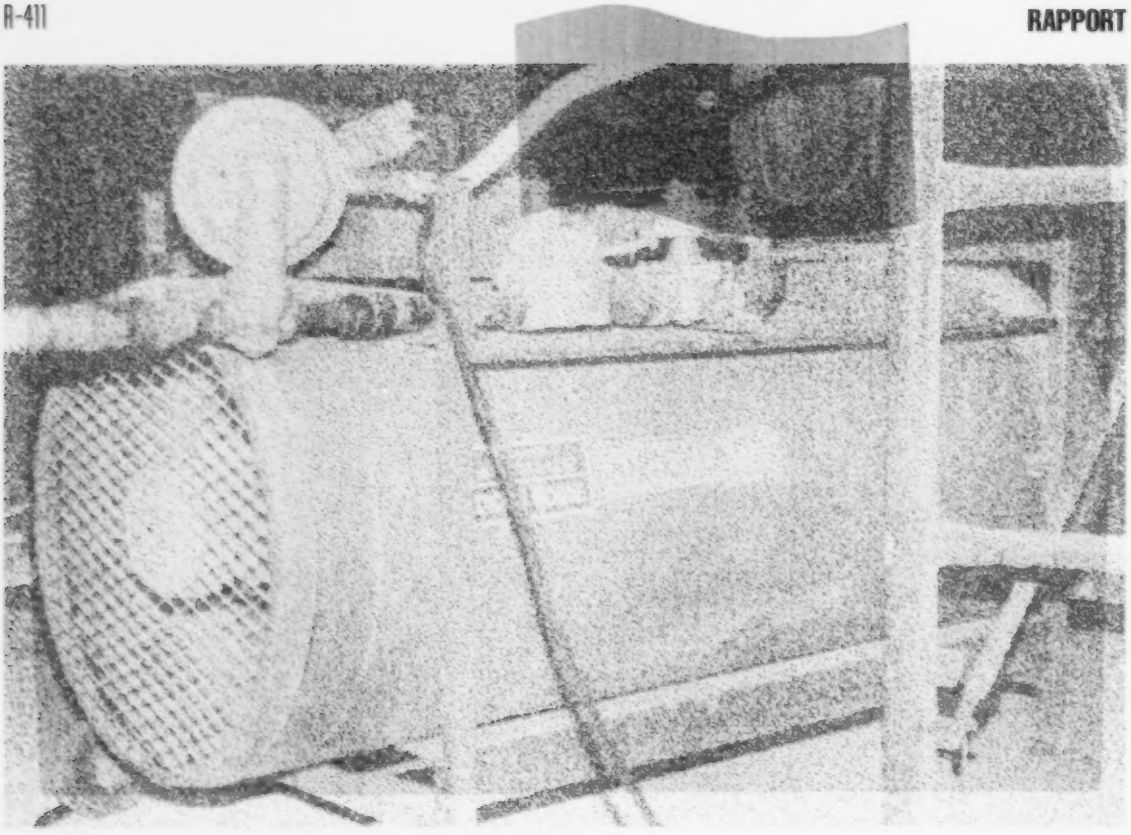
Mesure des émissions de monoxyde de carbone des générateurs d'air chaud utilisés sur les chantiers de construction

ÉTUDES ET RECHERCHES

Stéphane Brunet

R-411

RAPPORT



irsst

105-06293/

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, avril 2005

Mesure des émissions de monoxyde de carbone des générateurs d'air chaud utilisés sur les chantiers de construction

ÉTUDES ET RECHERCHES

Stéphane Brunet

Centre des technologies du gaz naturel

RAPPORT

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles de l'auteur.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES 1

1.0 CONTEXTE 2

2.0 OBJECTIF 2

3.0 APPROCHE PROPOSÉE 2

4.0 RÉSULTATS 4

4.1 OBSERVATIONS 4

4.2 MESURES DE CO 5

5.0 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 6

6.0 Référence 6

Annexe 7

1.0 CONTEXTE

L'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail désire connaître la quantité de monoxyde de carbone (CO) émise par les générateurs d'air chaud utilisés sur les chantiers de construction.

2.0 OBJECTIF

Dans ce contexte, l'objectif de ce projet vise la mesure en laboratoire d'émission de monoxyde de carbone (CO) sur quatre (4) générateurs d'air chaud de puissance différente (150,000, 300 000, 400 000 et 1 000 000 Btu/h).

3.0 APPROCHE PROPOSÉE

Des générateurs d'air chaud livrés au laboratoire du CTGN, ont été mis en marche « tel que reçu ». Après stabilisation de la combustion, une analyse des produits de combustion (CO_2, O_2 et CO) et une mesure du débit d'air chaud ont été réalisées. Lorsqu'il était possible, des ajustements ont été effectués afin d'assurer une meilleure combustion au niveau du brûleur.

Les unités testées sont les suivantes :

Modèle	Location	Puissance nominale (Btu/h)	Marque
S150	Locateur A	150 000	SureFlame
S300	Locateur A	300 000	SureFlame
S400T	Locateur A	400 000	SureFlame
F-1000	Locateur B	1 000 000	Flagro Industries Ltd.

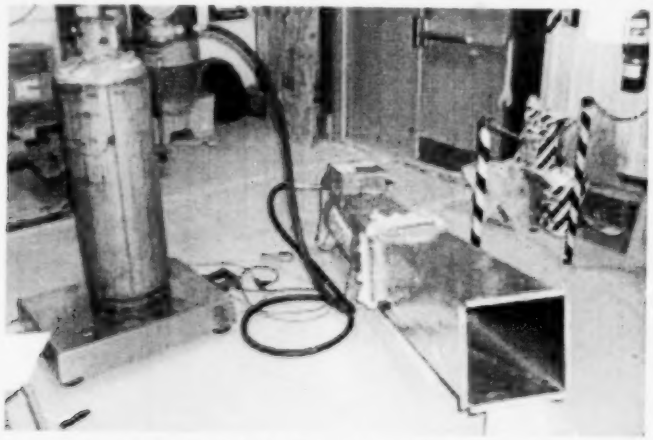


Figure 1: Photo du banc d'essai avec le générateur S150

Une conduite rectangulaire a été installée à la sortie de chaque générateur d'air chaud afin d'effectuer, avec le plus de précision possible les mesures suivantes, l'analyse des produits de la combustion (O_2, CO, CO_2), le débit d'air chaud, et la température de l'air (voir figure 1). En raison de la distribution du profil de vitesse, la méthode de Log-Tchebycheff, a été utilisée (1). Cette Méthode permet de faire rapidement une moyenne sur les valeurs mesurées en positionnant correctement la sonde de mesure selon un nombre de points prédéterminés en fonction de la taille de la conduite utilisée (voir figure 2).

Afin de déterminer la puissance de l'appareil, la bonbonne de propane, alimentant le générateur, a été installée sur une balance. Pour la majorité des cas, la puissance de l'appareil mesurée ne correspondait pas à la puissance nominale.

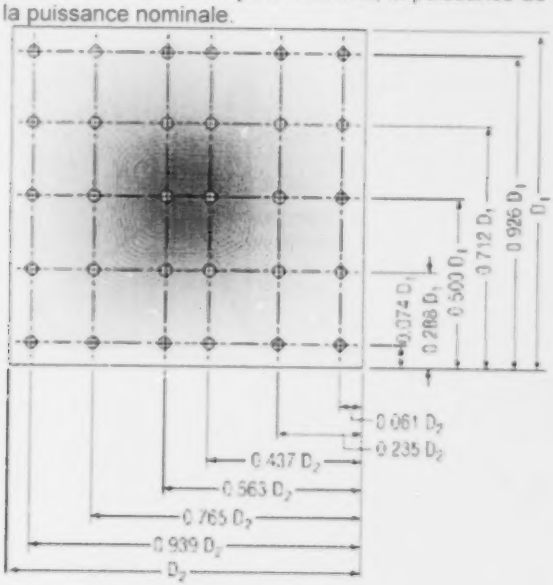


Figure 2: Points de mesure selon la méthode Log-Tchebycheff

Le tableau suivant présente les instruments de mesure utilisés, la procédure utilisée pour l'étalonnage des analyseurs de combustion est présentée à l'annexe III :

Variable	Équipement utilisé
Débit d'air	Pitot avec tube à l'huile (Airflow Developments, type 4, précision 0,001"wc)
Température	Thermocouple type K sans gaine Lecteur Fluke 725 (multi-calibrateur)
Analyse de combustion	Analyseur d'oxygène Servomex 570A Analyseur de gaz (CO, CO_2) Siemens Ultramat 23

4.0 RÉSULTATS

Cette section présente les observations recueillies lors des essais en laboratoire ainsi que les valeurs de CO mesurées pour les quatre (4) équipements évalués. Le seul ajustement réalisé sur les générateurs d'air chaud a été la pression au régulateur lorsque le débit de gaz ne correspondait pas à la puissance de l'appareil. Dans certains cas, il fut impossible de retrouver la puissance nominale de l'appareil.

4.1 OBSERVATIONS

Durant les essais en laboratoire, une série d'éléments de risque a pu être observées sur les unités telles que reçues des entreprises de location.

Facteurs de risque observés :

L'unité S150 :

- Raccord à la bouteille de propane défectueux (joint d'étanchéité manquant. Celui-ci est pourtant visible et peut être remplacé facilement);
- Un déchet obstruait l'orifice du brûleur et réduisait la puissance à 60 000 Btu/h. Sur chantier, ce fait ne pourrait être détecté que par un utilisateur expérimenté considérant le son beaucoup plus faible émis par l'appareil.
- La pression de gaz à l'orifice était de 24 psi (au lieu de 20) donnant une puissance de 175 000 Btu/h à l'appareil.

L'unité S 300 :

- Le régulateur n'était pas ajusté à 20 psig mais à environ 5 psig. L'ajustement de la pression n'étant pas bloqué en position fixe.
- Le régulateur en place peut délivrer 20 psig au maximum, ce qui correspond tout juste à la puissance spécifiée par le manufacturier.
- Le ventilateur incorporé à l'appareil ne fournissait pas un débit d'air suffisant, ce qui avait pour conséquence de produire une température d'air trop élevée.

L'unité S 400T :

- L'unité a été livrée sans connecteur pour la bonbonne de propane de 100lb, ce qui représente un risque de branchement non conforme.
- Une valve de sélection de gaz (propane ou naturel) n'était pas barrée à la position « propane » et aucun avis n'a été donné par le LOCATEUR A. La fiche signalétique demande pourtant que la valve soit barrée avant l'utilisation de l'appareil.

L'unité F-1000

- L'unité a été livrée avec le mauvais régulateur de pression (gaz naturel au lieu de propane)
- La valve de sélection de gaz (propane ou gaz naturel (n'était pas barrée en position propane). Toutefois, le LOCATEUR B nous a avisé de la position de valve adéquate (mais sans la bloquer pour autant).

Commentaires généraux sur la location :

- Au moment de la location des bonbonnes de 100lbs de propane, le LOCATEUR A a clairement avisé de ne pas entreposer ou utiliser les bonbonnes à l'intérieur.
- De façon générale, les avis portant sur la sécurité ou l'utilisation adéquate de l'appareil ont été donnés par les employés plus expérimentés. Chez le Locateur B, une seule personne semblait avoir la compétence nécessaire pour évaluer le problème de fuite sur le régulateur livré avec l'unité F-1000.

Commentaire sur la réglementation :

- Il importe de rappeler qu'un générateur d'air chaud de construction ne peut être raccordé à la bonbonne de propane ou au réseau de gaz naturel que par une personne possédant les cartes de compétence requises. Cette exigence est l'objet de l'article 17 du règlement D-10,r.4 qui est en vigueur d'après l'article 216 de la loi sur le bâtiment.

4.2 MESURES DE CO

Le tableau suivant présente les données obtenues en laboratoire. L'annexe II présente un exemple de calcul détaillé.

Modèle	Puissance (Btu/h)	Débit d'air (cfm)	Débit d'air (scfm) (15°C)	Température (oC)	Débit massique (lbs/h)
S-150	175 000	834	508	200	2 285
S-300	329 000	913	402	381	1 807
S-400T	380 000	1960	1 181	205	5 314
F-1000	850 000	7666	5 533	126	24 897

Modèle	O_2(%) (vol)	CO_2(%) (vol)	CO (ppm) (vol)	CO massique (g/100 000BTU)
S-150	20	0,83	12	6,8
S-300	18	1,91	7	1,6
S-400T	19,5	0,91	9	5,4
F-1000	20,1	0,48	10	13,2

En analysant les valeurs obtenues, et considérant la variabilité des résultats, nous suggérons une valeur de 15 g/100 000 Btu comme valeur de référence pour les émissions de monoxyde de carbone produites par un générateur d'air chaud.

5.0 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

En résumé, quatre (4) générateurs d'air chaud ont été évalués dans le cadre de cette étude. En raison de la variabilité des mesures de CO obtenues, une valeur de 15g/100 000 Btu est recommandée pour les analyses de qualité de l'air sur les chantiers de construction.

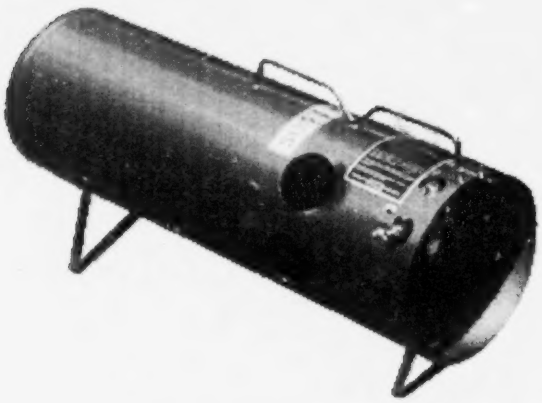
Pour certains générateurs, la température d'air élevée peut représenter un risque pour les travailleurs. Enfin, plusieurs observations quant à l'état général des équipements loués pouvant représenter un risque pour l'utilisateur ont été soulevées.

6.0 RÉFÉRENCE

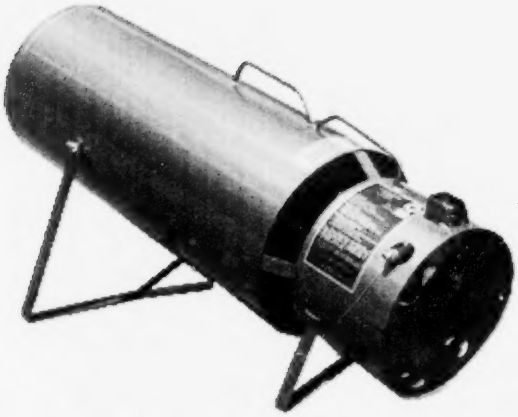
MacFerran, E. : « Equal Area vs Log-Tchebycheff », HPAC, December 1999.

Annexe I

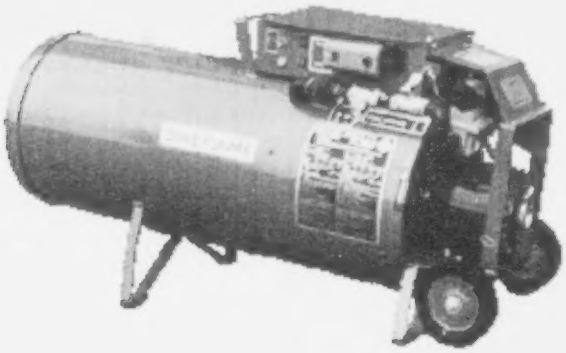
Générateurs d'air chaud



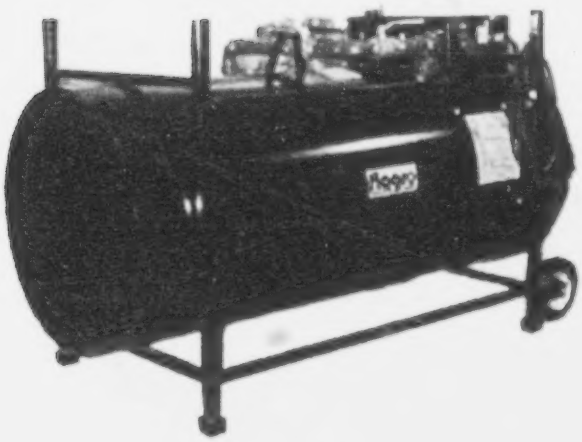
Modèle 1: SureFlame S-150



Modèle 2: SureFlame S-300



Modèle 3: SureFlame S-400T



Modèle 4: Flagro F-1000

ANNEXE II : Exemple de calcul

Cas du générateur d'air chaud (Sure-Flame S-150)

Quantité de propane = 1,38 kg

Temps = 22,67 min

Pouvoir calorifique du propane = 21 670 Btu/lb
(Réf : North American Combustion Handbook, 3rd éd, 1986.

Puissance = 1,38kg/22,67 min X 60min/h X 21 670 Btu/lb X 2,2 lb/kg = 174 125 Btu/h

Pour la densité des fumées à 60°F (15°C), on prend celle de l'air qui est égale à 0,075 lb/pi^3 (la concentration d'oxygène des fumées à la sortie est assez importante pour permettre cette hypothèse)

Le débit de fumées corrigé en scfm est calculé à l'aide de l'équation suivante :

Débit corrigé = Débit réel (cfm) X (Tréf + 273°C)/Tmes + 273°C)

= 834 X (15 + 273)/(200 + 273) = 508 scfm

(On suppose ici la pression constante et égale à l'atmosphère)

Le débit massique de fumée est donc calculé par l'équation suivante :

Débit massique = Débit (scfm) * 0,075 lb/pi^3 X 60 min/h

= 508 scfm X 0,075 lb/pi^3 X 60 min/h = 2286 lb/h

La concentration de CO_2 étant faible, on suppose la masse molaire des fumées égale à 29 g/mole. Ce qui permet de déterminer la concentration massique de CO avec l'équation suivante :

Concentration de CO = 12 ppm * 28/1^{E+6}/29 = 0,00033/29 = 1,14 X 10^{-5}

Donc le débit massique de CO = 1,14 X 10^{-5} X 2 286 = 0,0261 lb/h

Pour ramener cette valeur par 100 000 Btu, on utilise l'équation suivante :

0,0261 lb/h CO X 454g/lb X 100 000 Btu/175 000 Btu = **6,8 g/100 000 Btu**